

EVACUAÇÃO DE EDIFÍCIOS – BLOCO D DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO

**Cristina Calmeiro
dos Santos***
Professor
Instituto Politécnico
de Castelo Branco

**Henrdovino Felso
Ganhane**
Estudante Eng. Civil
Instituto Politécnico
de Castelo Branco

Palavras-chave: incêndio, segurança, evacuação, edifício, simulação

1. INTRODUÇÃO

A evacuação de edifícios em situação de incêndio tem como propósito a proteção da vida humana que é inseparável das condições de emergência as quais são afetadas por fatores de difícil determinação e que necessitam de ser definidos para estimar o tempo e as condições de evacuação. O objetivo deste trabalho é analisar as condições de segurança contra incêndio e pânico para evacuação de todos os ocupantes de um edifício escolar fazendo o levantamento dos aspetos que influenciam o tempo de evacuação em edifícios que recebem público (a Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco – bloco D), desde o comportamento humano às características físicas do edifício e às metodologias possíveis de adotar para a gestão da emergência, com vista a calcular o tempo necessário e disponível para a evacuação do referido edifício.

2. EVACUAÇÃO

A norma NFPA 101 (2000) define que a evacuação total do edifício ocorre quando todos ou a maior parte dos ocupantes deixa um edifício de forma ordenada ou não [1]. Ono (2010) [2] refere, nos seus estudos, que as estratégias de evacuação apresentam-se divididas em estratégias tradicionais e em novas estratégias de evacuação. As estratégias tradicionais de evacuação são as previstas nas exigências regulamentares de segurança contra incêndio. A introdução de novas estratégias de evacuação de edifícios justifica-se com o aumento da altura dos edifícios ao longo dos anos e consequente aumento do efetivo do edifício, com o facto da população ser cada vez mais obesa e mais idosa afetando a mobilidade das pessoas, principalmente em escadas. Em Portugal, o Regulamento Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Lei 123/2019 [3], permite a utilização de elevadores, recorrendo a metodologias devidamente justificadas e baseadas no desempenho. Assim, os elevadores são exemplo de meios opcionais à evacuação de edifícios. A instalação de pisos de refúgio e pontes de interligação entre edifícios também podem ser considerados novos meios de evacuação [4][5][6].

* Autor correspondente — Instituto Politécnico de Castelo Branco. Av. do Empresário, Campus da Talagueira, 6000-767 Castelo Branco. PORTUGAL. Telef.: +351 272 339 300. e-mail: ccalmeiro@ipcb.pt

O tempo de evacuação é determinado utilizando modelos que se baseiam principalmente no movimento de pessoas em condições que não coincidem com uma situação de incêndio real. Existem vários métodos simplificados para determinar o tempo de evacuação os quais permitem avaliar os tempos de percurso que resultam na evacuação completa do edifício em casos de emergência, tais como o Método de Predtechenskii-Milinskii (1978) [7] o Método do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e o Método de Van Bogaert (Método Belga) [8].

Também existem modelos computacionais de evacuação os quais permitem minimizar as deduções empíricas utilizadas pelos métodos simplificados, como os anteriormente referenciados, recorrem. O Pathfinder é um software desenvolvido pela Thunderhead Engineering, usado para fazer a análise de vários cenários, permitindo ao utilizador inserir a geometria dos espaços, definir parâmetros e obter resultados. O Pathfinder permite a realização de simulações com um elevado nível de movimento de pessoas, com outputs interativos em alta-definição (3D), e respostas rápidas e fiáveis. Para além da exibição em 3D, o Pathfinder fornece gráficos ilustrativos da ocupação de salas e fluxos das portas permitindo avaliar pontos de congestionamento.

3. CASO DE ESTUDO

O trabalho apresentado teve como objetivo analisar as condições de segurança contra incêndio e pânico para evacuação de todos os ocupantes de um edifício escolar. Foram aplicados métodos simplificados para o cálculo dos tempos de evacuação, e também foi possível estimar os tempos de evacuação do edifício objeto do presente estudo com recurso a simulações feitas por software. O presente trabalho vem em resposta à preocupação do autor e da sua equipa de apoio, de saber quanto tempo tardaria uma operação de evacuação do bloco D da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco (EST-IPCB) considerando duas situações distintas de incêndio. Assim, a análise do tempo de evacuação para o bloco D da EST-IPCB pretende basear-se numa comparação dos resultados obtidos através da aplicação dos métodos analíticos – o de Predtechenskii-Milinskii, o do LNEC e a o da Variante Escolar do Método Belga, e através da aplicação do Software de simulação Pathfinder.

O referido estudo incidirá em alguns espaços (Auditório D5 e Armazém) que compõem o bloco D da EST-IPCB, que por sua vez é de domínio inteiramente público, e tendo em conta a natureza do edifício e a responsabilidade social que tem no seio da sociedade civil, é de extrema importância que o mesmo esteja preparado para receber todo o tipo de pessoas e em quaisquer condições físicas (mobilidade reduzida ou condicionada, deficiência visual ou auditiva, idade avançada) (Figura 1).

Tendo por base a Lei 123/2019 [3], e porque se trata de um local que corresponde a edifícios ou partes de edifícios recebendo público, onde se ministram ações de educação, ensino e formação, considera-se por essa razão, que a EST-IPCB pertence à Utilização-Tipo IV – Escolares. Os espaços interiores do bloco D da EST-IPCB estão organizados de modo a permitir que em situação de incêndio os ocupantes possam atingir um local seguro no exterior pelos próprios meios de forma rápida, fácil e segura. Assim, o edifício dispõe de saídas em número e larguras suficientes convenientemente distribuídas e devidamente sinalizadas de forma que a distância a

percorrer pelos ocupantes seja limitada e sempre para o exterior do edifício. As vias de evacuação têm a largura adequada e estão protegidas contra o fogo, o fumo e os gases de combustão e estão livres de quaisquer objetos que dificultem a evacuação. Os elementos decorativos estão fixos ao chão ou às paredes e não diminuem a largura das vias de evacuação. O artigo 52.º da Portaria 135/2020 [9] define que o dimensionamento dos caminhos de evacuação e das saídas deverá ser realizado, sempre que possível, de forma a obter uma densidade de fluxo constante de pessoas em qualquer secção das vias de evacuação no seu movimento em direção às saídas obedecendo às distâncias a percorrer e à velocidade das pessoas de acordo com a sua condição física, de forma a atingir tempos de evacuação previstos eficientes, situação que se verifica no presente caso de estudo.

Como já se referiu, deu-se especial abordagem ao estudo das condições de evacuação em situação de incêndio, do Auditório D5, com uma lotação de 124 lugares, mas que no momento do incêndio se encontra ocupado por apenas 120 pessoas em perfeitas condições de mobilidade (Figura 1 a). O estudo incidirá também no Armazém, espaço reformulado e que funciona atualmente como uma oficina de marcenaria, que se considerou ocupado por um total de 9 pessoas, oito estudantes e um docente, sendo que todos eles se encontram em perfeitas condições de mobilidade (Figura 1 b).



Figura 1: Bloco D da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco.
a) Auditório D5. b) Armazém – oficina de marcenaria.

3.1 Aplicação do Método de Predtechenskii-Milinskii

Coelho (2010) [8] efetuou uma análise sobre os principais métodos utilizados para estimar o tempo necessário para evacuação completa de um edifício. Alguns dos métodos mostraram-se

muito complexos, com variáveis difíceis de determinar e, por isso, neste trabalho optou-se pela aplicação do Método de Predtechenskii-Milinskii, o mais simples e com resultados muito fiáveis tal como constatou Miguel (2010) [10] nos seus estudos. No presente trabalho foram considerados dois cenários. Um primeiro cenário (Cenário A) onde o foco de incêndio se localiza no auditório D5 (Figura 1 a) e um segundo cenário (Cenário B) em que o foco de incêndio se encontra localizado no armazém – oficina de marcenaria (Figura 1 b).

Cenário A: Foco de incêndio localizado no auditório D5

No presente cenário consideram-se duas situações distintas no que diz respeito ao caminho de evacuação a ser usado pelos ocupantes, isto é, numa das situações (situação i) os ocupantes saem pela saída de emergência que se encontra logo em frente à porta do auditório D5, e na outra situação (situação ii) considera-se que os ocupantes percorrem o caminho de evacuação que dá acesso à porta principal do bloco D, que é a que os ocupantes estão mais familiarizados. A influência da distância percorrida até às saídas de acesso exterior apenas será notória no cálculo dos tempos de evacuação, visto que no cálculo das velocidades a distância percorrida não tem influência.

Cenário B: Foco de incêndio localizado no Armazém – oficina de marcenaria

O armazém localiza-se no rés do chão e, para este caso considera-se que o incêndio ocorre no armazém – oficina de marcenaria do bloco D e que a mesma é o único espaço que se encontra ocupado no momento do incêndio, que se inicia naquele espaço. Aquando do início do incêndio a oficina de mercenária encontra-se com apenas 9 ocupantes, que se consideram estar em perfeitas condições de movimento.

3.2 Aplicação do Método do LNEC

O método LNEC introduz o conceito de "atração" de uma malha de transição sobre os ocupantes, que depende da distância entre a malha de saída e o ocupante (fator de proximidade), largura da saída (fator de fluxo) e a visibilidade direta entre a saída e o ocupante (fator de visibilidade). A adoção deste critério que faz intervir todos os fatores anteriormente referidos, devidamente ponderados, evitando minimizar ou maximizar qualquer um deles, conduz a resultados mais realistas do que uma simples maximização dos fluxos ou minimização do tempo.

Porém, tendo em conta que a situação mais crítica em análise no presente trabalho, é a do auditório D5 (por se encontrar praticamente lotada), e sabendo-se que o mesmo apenas tem uma porta de saída, a análise proposta pelo método do LNEC torna-se assim irrelevante, pois os fatores de proximidade, de fluxo e de visibilidade dependem da atração que uma determinada saída exerce sobre os ocupantes de um determinado espaço, partindo do princípio de que o mesmo tem mais de uma saída.

Quanto ao armazém – oficina de marcenaria e, embora o mesmo tenha quatro saídas de evacuação, devido ao reduzido número de ocupantes (9 pessoas) e a área do mesmo (110,45 m²), torna-se irrelevante fazer a aplicação do método do LNEC.

3.3 Aplicação da Variante Escolar do Método Belga

Para a aplicação deste método considera-se que o Bloco D (edifício de dois pisos: Rés do Chão e 1º Andar), tem as seguintes características:

- Efetivo de 210 ocupantes (alunos e professores) distribuídos por 7 salas localizadas no 1º andar, separadas por um corredor central;
- Duas escadas, uma com 22 degraus e a outra com 20 degraus, com larguras de 1,60 metros e 0,90 metros respetivamente;
- Ambas as escadas são utilizadas em situações distintas;
- A distância entre a sala mais próxima de uma das escadas utilizada é dada pela média aritmética das distâncias que vão da escada às demais salas que convergem para a mesma;
- Consideram-se duas situações de divisão em setores, num dos cenários considera-se que o piso está dividido em dois setores (a), e no outro cenário considera-se apenas um sector (b).

Cenário A: Existem dois sectores e os ocupantes do primeiro andar usam as duas escadas disponíveis (Figura 2).

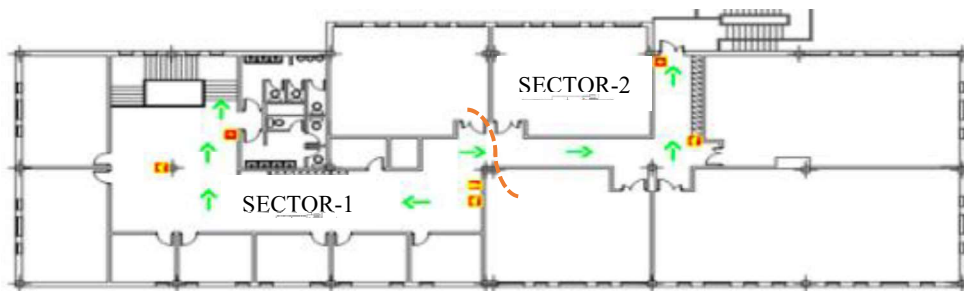


Figura 2: Planta do 1º piso dividida em dois sectores.

Cenário B: Existe apenas um sector e todos os ocupantes do primeiro andar usam a mesma escada (Figura 3).



Figura 3: Planta do 1º piso com apenas um sector e um caminho de evacuação.

3.4 Aplicação do Software de Simulação Pathfinder

No presente trabalho o software de Simulação Pathfinder é usado para fazer a análise dos vários cenários que já foram estudados analiticamente pelos métodos de Predtechenkii-Milinskii e Belga-Variante Escolar. Pretende-se comparar os resultados obtidos analiticamente com os resultados obtidos pela simulação (Pathfinder), e extrair as devidas conclusões. O Pathfinder usa o diagrama fundamental da SFPE, para fornecer resultados relacionais velocidade-densidade. Produz um ficheiro “summary output” que inclui mínimos, máximos e médias para valores de tempos de evacuação, bem como valores correspondentes ao primeiro ocupante a entrar (first in) e o primeiro ocupante a sair (first out) para salas e portas. Note-se que informações mais pormenorizadas podem ser encontradas nos ficheiros disponibilizados pelo software em formato CSV, incluindo o movimento individual das pessoas, tempo de estrangulamento e dados do ponto de amostra. Para além da exibição em 3D, o Pathfinder fornece gráficos ilustrativos da ocupação das salas e fluxos das portas o que permite avaliar pontos de congestionamento.

Cenário A: Foco do Incêndio localizado no Auditório D5

À semelhança da análise analítica, o auditório D5 será aqui também considerado como o local onde se inicia o incêndio, e o mesmo encontra-se convenientemente destacado na Figura 4. São realizadas cinco simulações com recurso ao software Pathfinder, e o objetivo passa por obter resultados que irão permitir que se faça uma análise crítica e comparativa dos mesmos posteriormente.

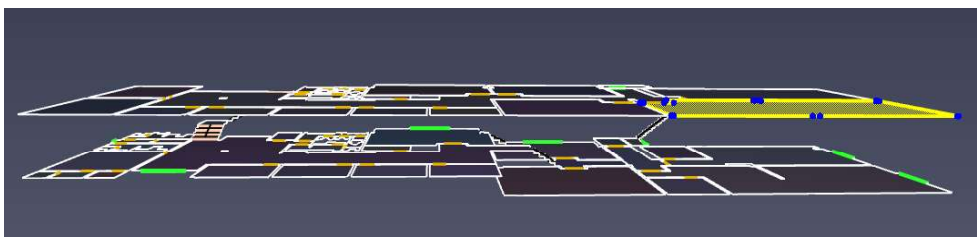


Figura 4: Identificação do Auditório D5 (destacado em amarelo).

1ª Simulação – Todos os ocupantes usam o caminho de evacuação que lhes é familiar

Para a primeira simulação do cenário A, considera-se que apenas o auditório D5 se encontra ocupado (Figura 5) e que nenhuma outra pessoa se encontra nos restantes compartimentos do bloco D quando se inicia o incêndio.

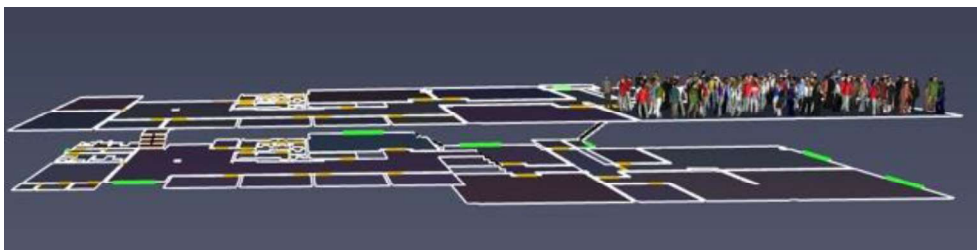


Figura 5: Localização dos ocupantes.

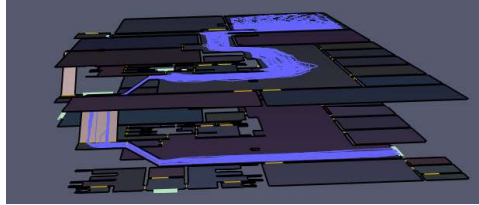


Figura 6: Caminho de evacuação usado pelos ocupantes.

Com uma população de 120 pessoas, quando se dá o alarme de incêndio, os ocupantes do auditório D5 dão início à operação de evacuação, seguem o caminho ilustrado na Figura 6 e usam a porta principal do bloco D para ter acesso à parte exterior do edifício.

2ª Simulação – Todos os ocupantes usam a saída de emergência mais próxima

Na segunda simulação, considera-se que apenas o auditório D5 se encontra ocupado (Figura 7) e que nenhuma outra pessoa se encontra nos restantes compartimentos do bloco D quando se inicia o incêndio. Com uma população de 120 pessoas, quando se dá o alarme de incêndio, os ocupantes do auditório D5 dão início à operação de evacuação, seguem o caminho ilustrado na Figura 8) e usam a porta de emergência que se encontra logo em frente à porta do auditório, para terem acesso à escada exterior que dá acesso ao exterior do edifício.

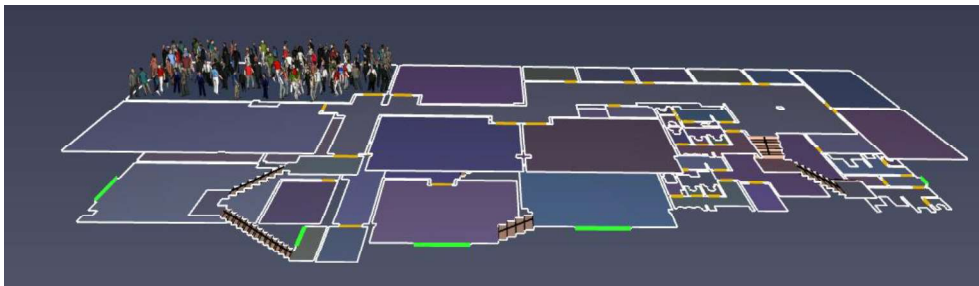


Figura 7: Localização dos ocupantes.

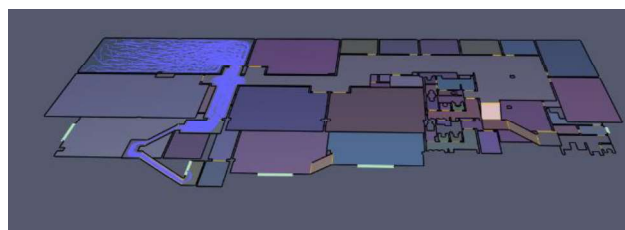


Figura 8: Caminho de evacuação usado pelos ocupantes.

3ª Simulação - Considera-se que o piso está dividido em dois setores

Na presente simulação, considera-se que o primeiro piso está dividido em dois setores que fazem a divisão dos fluxos de ocupantes que aderem às duas vias de evacuação para o exterior do edifício. Assim, conforme ilustra a Figura 9, todas as salas encontram-se ocupadas por 30

peças em cada uma, e, os ocupantes das quatro salas mais à esquerda usam a saída de emergência para abandonarem o edifício, enquanto os das restantes salas usam a via de evacuação que lhes é mais familiar, conforme mostra a Figura 10. Considera-se assim que, aquando do princípio do incêndio, o edifício encontra-se ocupado por 210 pessoas divididas por 7 salas.



Figura 9: Localização dos ocupantes.

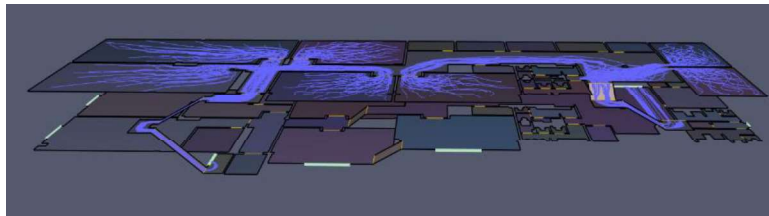


Figura 10: Caminhos de evacuação usados pelos ocupantes.

4ª Simulação - Considera-se que o primeiro piso tem apenas um sector

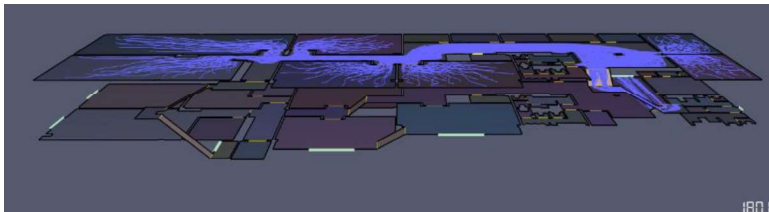


Figura 11: Caminho de evacuação usado pelos ocupantes.



Figura 12: Localização dos ocupantes.

Na presente simulação, considera-se que o primeiro piso compreende apenas um sector, e que, portanto, todos os ocupantes usam a mesma via de evacuação e dirigem-se à porta principal do bloco D para poderem abandonar o edifício (Figura 11). E, conforme elucida a Figura 12, todas as salas encontram-se ocupadas por 30 pessoas em cada uma (210 ocupantes distribuídos por 7 salas).

5ª Simulação – Os ocupantes escolhem os caminhos de evacuação de forma aleatória
Nesta simulação, considera-se que todas as salas do primeiro piso se encontram ocupadas (Figura 13) e que a escolha do caminho de evacuação é feita de forma aleatória (Figura 14) e muito baseada na conveniência. Os 210 ocupantes do edifício dão início à operação de evacuação logo que soa o alarme.



Figura 13: Localização dos ocupantes; b) Caminho de evacuação usado pelos ocupantes.

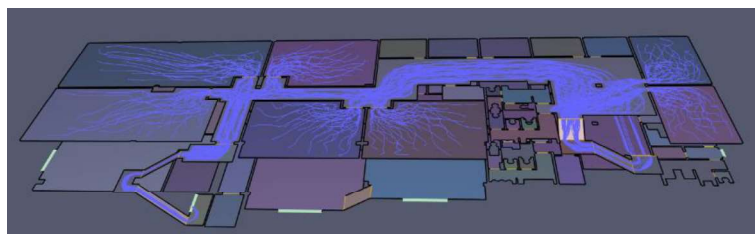


Figura 14: Caminho de evacuação usado pelos ocupantes.

Cenário B: Foco do Incêndio localizado no Armazém – oficina de marcenaria
À semelhança do cenário A, o armazém – oficina de marcenaria será igualmente considerado como o local onde se inicia o incêndio, e o mesmo encontra-se devidamente destacado na Figura 15.

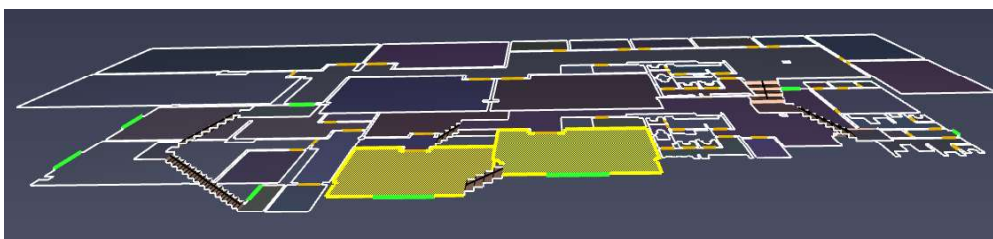


Figura 15: Identificação do Armazém – oficina de marcenaria (destacado em amarelo).

Para este caso, realiza-se apenas uma simulação com recurso ao software Pathfinder, e o objetivo passa por obter resultados que irão permitir que se faça uma análise dos resultados obtidos através da simulação com os obtidos analiticamente.

6ª Simulação - Todos os ocupantes usam o caminho de evacuação que lhes é familiar

Na presente simulação, considera-se que apenas o armazém – oficina de marcenaria se encontra ocupado (Figura 16) e que nenhuma outra pessoa se encontra nos vários compartimentos do bloco D quando se inicia o incêndio. Com uma população de 9 pessoas, quando se dá o alarme de incêndio, os ocupantes do armazém dão início à operação de evacuação seguindo o caminho de evacuação (Figura 17) e usam a porta principal de acesso ao bloco D para abandonar o mesmo.

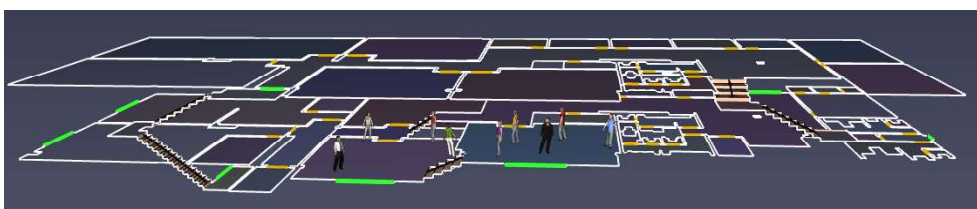


Figura 16: Localização dos ocupantes.

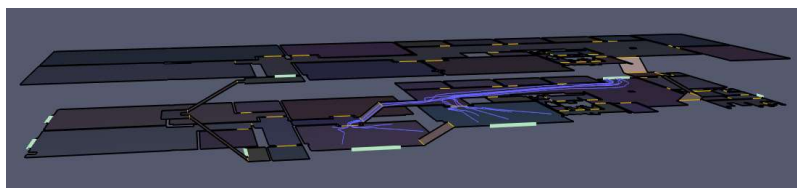


Figura 17: Caminho de evacuação usado pelos ocupantes

3.5 Interpretação dos resultados

Torna-se pertinente a comparação dos resultados obtidos através da aplicação dos métodos analíticos com os obtidos através do software de simulação Pathfinder.

Quadro 1: Resumo dos resultados obtidos pelo método de Predtechenskii-Milinskii e pelo software Pathfinder

Método de Predtechenskii-Milinskii			Software Pathfinder		
Cenário	Situação	Tempo de Evacuação (s)	Cenário	Simulação	Tempo de Evacuação (s)
A	i	320,27	A	1ª	214,3
A	ii	361,22	A	2ª	152,4
B		31,47	B	6ª	28,1

A comparação será feita em duas partes, isto é, primeiro far-se-á uma comparação dos valores obtidos a partir da aplicação do método de Predtechenskii-Milinskii com os obtidos através do

software Pathfinder, para os cenários A e B (1ª, 2ª e 6ª simulações), posteriormente serão comparados os valores obtidos a partir da aplicação do Método Belga-Variante Escolar, com os obtidos pelo software Pathfinder, para os cenários A e B (3ª e 4ª simulações). O Quadro 1 e o Quadro 2, mostram de forma resumida, os resultados obtidos pelos métodos de Predtechenskii-Milinskii e o software Pathfinder, e o método Belga-Variante Escolar e o software Pathfinder. A partir da análise do Quadro 1 é possível perceber que enquanto os resultados para o cenário B são relativamente próximos, os do cenário A são demasiado dispare, sendo que os obtidos a partir do método analítico de Predtetchenskii-Milinskii são muito superiores aos obtidos pelo software Pathfinder. Tal diferença é em grande parte originada pelo tempo de estrangulamento (TV) obtido pelo método de Predtetchenskii-Milinskii, sendo que o mesmo, quando considerado isoladamente, supera os valores de evacuação obtidos através da simulação (TV=291,7761 s). Contrariamente, os fluxos específico e total obtidos através do software são muito maiores que os obtidos de forma analítica para a 1ª e 2ª simulações. Compreende-se que os ocupantes atravessam os vãos de evacuação (portas) com maior fluidez, o que faz com que o abandono total do Auditório D5 seja feito em menos de 110 segundos na primeira simulação, e menos de 100 segundos na segunda simulação.

Para o cenário B, Quadro 1, o facto de os tempos de evacuação serem relativamente próximos deve-se aos valores dos fluxos específico e total registados tanto de forma analítica como através da simulação, sendo que em ambas as situações os valores são muito parecidos, devendo-se isso ao número reduzido de ocupantes presentes no armazém – oficina de marcenaria aquando do início do incêndio.

Quadro 2: Resumo dos resultados obtidos pelo método Belga-Variante Escolar e pelo software Pathfinder

Método Belga-Variante Escolar			Software Pathfinder		
Cenário	Situação	Tempo de Evacuação (s)	Cenário	Simulação	Tempo de Evacuação (s)
A	i	113,62	A	3ª	211,6
B		136,19	B	6ª	180,5

Analisando o Quadro 2 e, para ambos os cenários, os valores dos tempos de evacuação obtidos pela via analítica são inferiores aos obtidos pela aplicação do software, e isso faz sentido, tendo em consideração que o método belga-variante escolar, pressupõe que só é necessário que se efetue a evacuação dos pisos acima ou abaixo do piso de referência (piso zero), pois o mesmo tem, normalmente, mais saídas para o exterior que os demais pisos. Isto faz com que no cálculo dos tempos de evacuação com recurso à variante escolar do método Belga, não se tenha em conta o percurso horizontal feito pelos ocupantes no piso de referência, até que cheguem à porta de saída ao exterior.

Para além das duas simulações feitas considerando que os ocupantes fazem a evacuação respeitando a divisão de setores, foi também feita uma simulação (5ª Simulação), com a finalidade de comparação de valores e identificação de uma situação ótima, na qual se considera

que os ocupantes fazem a escolha dos caminhos a percorrer, de forma aleatória e conveniente, de acordo com a análise por eles feita em cada estágio do incêndio. Dessa simulação resultou que o tempo de evacuação para o abandono total do edifício, é de 152, 4 segundos, isto é, menor que os tempos anteriormente registados, o que leva a crer que esta é provavelmente a situação que melhor se aproxima da realidade, tendo em conta o comportamento das pessoas em situação de emergência.

4. CONCLUSÕES

Com a aplicação de métodos analíticos é possível chegar-se a valores elucidativos dos tempos de evacuação para vários tipos de edifícios, e com a utilização de softwares de simulação, esse processo torna-se ainda mais rápido e eficaz. Contudo, existe ainda um longo caminho a percorrer-se, no que diz respeito a evacuação em situação de incêndio em edifícios pois, por maiores que sejam os avanços tecnológicos nessa área, o comportamento humano continuará a ser o maior desafio dada à sua imprevisibilidade.

5. REFERÊNCIAS

- [1] NFPA 101 - *Life Safety Code: Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures*, NFPA, Quincy, 2000.
- [2] Ono, R. - *O Impacto do Método de Dimensionamento das Saídas de Emergência sobre o Projeto Arquitetónico de Edifícios Altos: uma Análise Crítica e Proposta de Aprimoramento*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2010, 489 p.
- [3] Lei 123/2019 – *Regulamento Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios*, Portugal, 2019.
- [4] Pauls, J. - *Performance of means of egress: Conducting the research needed to establish realistic expectations*, Proceedings of the 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Auckland, 2008,
- [5] Oldfield, P.F. - *Bridging the Gap: Proposed Evacuation Links at Height in the World Trade Center Design Entries*, In: Council on Tall Buildings and Urban Habitat World Congress. 7, 2005.
- [6] Bukowski, R. - *Emergency egress from buildings. Part 1: History and current regulations for egress systems design*, Proceedings of the 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 2008.
- [7] Predtechenskii, V.M., Milinskii, A.I. - *Planning for Foot Traffic in Buildings* (translated from the Russian), Strozdat Publishers, Moscow (1969). English translation published for the National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Amerind Publishing Co., Nova Deli, India, 1978.
- [8] Coelho, A. L. - *Incêndios em Edifícios*, Orion Editora, Lisboa, 2010, 1056 p.
- [9] Portaria 135/2020 – *Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios*, Portugal.
- [10] Miguel, A. S., Góis, J., Silva, J. - *Study on workers' evacuation in an industrial company*, Safety Science, 48, 2010, p. 1050-1053.